

Application No. 10/001,909

Express Mail No. EL897869126US

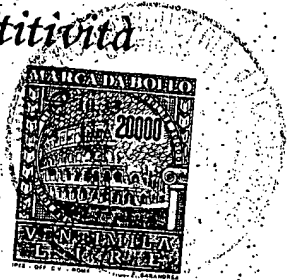
MODULARIO  
LOA - 101



Mod. C.E. - 1-4-7

44

*Ministero delle Attività Produttive*  
*Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività*  
*Ufficio Italiano Brevetti e Marchi*  
*Ufficio G2*



Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per: *Invenzione Industriale*

N.

TO2000 A 001038

*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali  
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati  
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**

Roma

31 OTT. 2001

IL DIRIGENTE

Ing. DI CARLO

AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO MODULO A  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI  
DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

marca  
da  
bollo

A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione STMicroelectronics Srl N. SR  
Residenza Agrate Brianza - MI codice 100951900968  
2) Denominazione \_\_\_\_\_  
Residenza \_\_\_\_\_ codice \_\_\_\_\_

B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome e nome LUCIANO BOSOTTI ED ALTRI cod. fiscale \_\_\_\_\_  
denominazione studio di appartenenza BUZZI, NOTARO & ANTONIELLI d'OULX  
via CORSO FIUME n. 6 città TORINO cap 10133 (prov) TO

C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via \_\_\_\_\_ n. \_\_\_\_\_ città \_\_\_\_\_ cap \_\_\_\_\_ (prov) \_\_\_\_\_

D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/scf) \_\_\_\_\_ gruppo/sottogruppo \_\_\_\_\_

"Sensore ottico intelligente per sistemi air bag"

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO: SI ☐ NO ☒ X

SE ISTANZA: DATA \_\_\_\_\_ N° PROTOCOLLO \_\_\_\_\_

E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) OCCHIPINTI Luigi 3) \_\_\_\_\_  
2) \_\_\_\_\_ 4) \_\_\_\_\_

F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato  
S/R

SCIoglimento RISERVE

Data

N° Protocollo

1) \_\_\_\_\_  
2) \_\_\_\_\_

G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA COLTURE DI MICRORGANISMI, denominazione

H. ANNOTAZIONI SPECIALI

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) 2 PROV n. pag. 35 riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare)  
Doc. 2) 2 PROV n. tav. 4 disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare)  
Doc. 3) 1 RIS lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale  
Doc. 4) 1 RIS designazione inventore  
Doc. 5) 1 RIS documenti di priorità con traduzione in italiano  
Doc. 6) 1 RIS autorizzazione o atto di cessione  
Doc. 7) 1 nominativo completo del richiedente

SCIoglimento RISERVE

Data

N° Protocollo

confronta singole priorità

8) attestati di versamento, totale lire

CINQUECENTOSESSANTACINQUEMILA

obbligatorio

COMPILATO IL 02/11/2000

FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I)

Ing. Luciano BOSOTTI

N. Ist. A.B. 260

CONTINUA SINO NO

(In proprio o per altri)

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA SINO SI

C.C.I.A.A.

DI TORINO

codice 01

VERBALE DI DEPOSITO

NUMERO DI DOMANDA

TO 2000A 001038

L'anno millenovecento-

DUEMILA

il giorno

TRE

del mese di

NOVEMBRE

Il (I) richiedente (I) sopraindicato (I) ha (hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, corredata di n. \_\_\_\_\_ fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraindicato.

I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIO ROGANTE

IL DEPOSITANTE

Luciano Bosotti



L'UFFICIALE ROGANTE

Luciano Bosotti  
Categoria B

NUMERO DOMANDA

REG. A

DATA DI DEPOSITO 03 11 2000

NUMERO BREVETTO

TO 2000A 001038

DATA DI RILASCIO

## A. RICHIEDENTE (I)

Denominazione

STMicroelectronics Srl

Residenza

Agrate Brianza MI

## D. TITOLO

"Sensore ottico intelligente per sistemi air-bag"

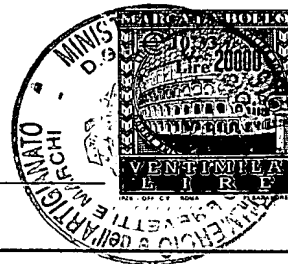
Classe proposta (sez./cl./scl/)

(gruppo/sottogruppo)

## L. RIASSUNTO

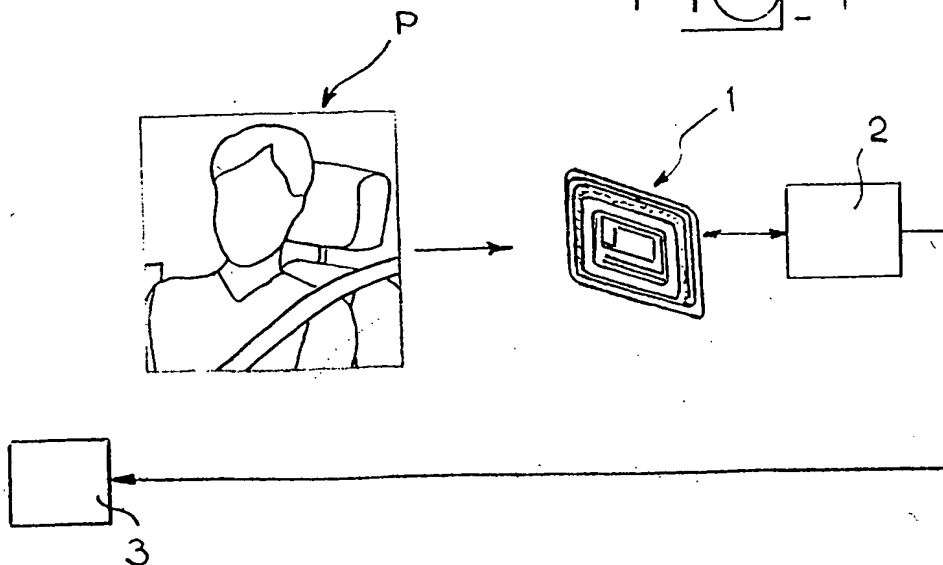
Il sensore (1) comprende una schiera di elementi fotosensibili per l'acquisizione di immagini di abitacolo di un autoveicolo e comprende un circuito (20) per l'elaborazione dei segnali corrispondenti a dette immagini generati dai suddetti elementi fotosensibili. Il circuito di elaborazione è configurato secondo un'architettura di trattamento a rete neurale cellulare (CNN) ed è suscettibile di generare un segnale di uscita selettivamente indicativo della decisione di attivare un air-bag (3) a cui il sensore è associato, ovvero di controllarne l'esplosione. Di preferenza, la schiera di elementi fotosensibili ed il circuito di elaborazione sono compresi in un unico componente integrato, realizzato di preferenza in tecnologia CMOS.

(Figura 1)



## M. DISEGNO

Fig. 1



G.C.I.A.A.  
Torino

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Sensore ottico intelligente per sistemi air-bag"

di: STMicroelectronics Srl, nazionalità italiana,

Via C. Olivetti 2 - Agrate Brianza (MI)

Inventore designato: Luigi Occhipinti

Depositata il: 3 novembre 2000 TO 2000A 001038

\* \* \*

TESTO DELLA DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ai sistemi air-bag di nuova concezione.

Praticamente tutte le nuove automobili sono provviste di air-bag, dispositivi di cui viene correntemente riconosciuta l'efficacia nel ridurre la mortalità da infortuni stradali sia per quanto riguarda i guidatori, sia per quanto riguarda i passeggeri.

Si è però rilevato che, oltre a svolgere tale funzione di sicurezza, i dispositivi air-bag possono talvolta procurare danno agli utilizzatori.

Tipicamente, un air-bag si espande in circa 0,06 secondi con velocità di espansione che possono essere anche dell'ordine di 320 Km/h (200 mph). Questa rapidità nel dispiegamento è essenziale, dal momento che un tipico urto in contesto automobilistico dura circa 0,125 secondi; gli occupanti del veicolo, non provvisti di protezione

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

sono quindi suscettibili di andare ad urtare contro le strutture dell'abitacolo prima che l'urto si sia concluso. In altre parole, tale secondo urto o collisione ha luogo mentre il primo urto o collisione è ancora in corso.

Di solito, il dispiegamento dell'air-bag è ottenuto tramite un generatore di gas, che produce il volume di gas richiesto tramite una rapida combustione di un composto (solitamente a base di sodio). Tale combustione è così rapida da poter essere di fatto assimilata ad una piccola e contenuta esplosione.

Il dispiegamento dell'air-bag viene comandato di solito da un dispositivo elaboratore che, in funzione di segnali ricevuti da rispettivi sensori, decide se dispiegare l'air-bag in considerazione della gravità dell'incidente. Ciò avviene sulla base di algoritmi che tengono in conto il cambiamento di velocità del veicolo e, nei sistemi più recenti, anche altri fattori legati alle condizioni in cui si manifesta la rapida decelerazione del veicolo.

I sensori utilizzati sono di solito accelerometri lineari il cui numero e le cui caratteristiche di sensibilità vengono adattate in funzione di fattori quali la posizione dell'air-bag

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

e la sua funzione (ad esempio air-bag frontale, air-bag laterale, ecc.).

Come già si è detto in precedenza, ci sono però situazioni in cui gli air-bag possono dare origine a fenomeni negativi. Mano a mano che si accumula l'esperienza di impiego degli air-bag, si sviluppa in modo corrisponde la conoscenza di tali effetti negativi, che in alcuni possono avere conseguenze anche piuttosto serie.

Di solito, gli effetti più negativi si riscontrano in relazione ai soggetti che si trovano ad essere molto vicini all'air-bag nel momento in cui lo stesso viene dispiegato. Questa situazione può determinarsi in particolare con riferimento a soggetti di piccola statura, ai bambini e, in generale, agli occupanti dell'abitacolo che al momento del dispiegamento dell'air-bag non utilizzano cinture di sicurezza ovvero le usano in modo scorretto, ovvero ancora si trovano ad occupare posizioni relativamente insolite nel momento in cui comincia l'espansione dell'air-bag.

Queste situazioni possono coinvolgere, ad esempio, i guidatori che hanno l'abitudine di sedere molto vicini al volante ovvero bambini molto piccoli che vengono fatti viaggiare su seggiolini montati sui sedili anteriori, seppur girati all'indietro.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

Sussiste quindi l'esigenza, manifestata anche in sede ufficiale (ad esempio nell'ambito di organizzazioni quali la NHTSA - National Highway Traffic Safety Administration negli Stati Uniti) di migliorare le caratteristiche di funzionamento degli air-bag così da assicurare la protezione di tutti gli occupanti, indipendentemente dalla loro statura e taglia corporea, dal fatto che portino o meno cinture di sicurezza. Questo in particolare per quanto riguarda i rischi a cui sono esposti i bambini ed in particolare i bambini molto piccoli.

In tale prospettiva sono già in corso di sviluppo sistemi di air-bag di nuova generazione (correntemente definiti air-bag di tipo "smart") che utilizzano, ad esempio, un sensore di peso così da attivare l'air-bag soltanto quando si registra sul corrispondente sedile la presenza di un peso minimo. Questa soluzione consente fra l'altro di evitare il possibile dispiegamento - non necessario e quindi inutile - dell'air-bag localizzato in corrispondenza del sedile destinato ad essere occupato dal passeggero seduto accanto al guidatore del veicolo quando questo sedile è vuoto.

Ad esempio, la società CTS Corporation ha recentemente sviluppato alcuni sensori di peso basati su resistori a film spesso suscettibili di



BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

essere impiegati nell'ambito di tali sistemi di air-bag.

Esistono poi altri sistemi che, per ridurre i rischi a cui sono esposti gli occupanti che si trovano troppo vicini all'air-bag quando lo stesso dovrebbe essere dispiegato, regolano la velocità di dispiegamento dello stesso in funzione della gravità dell'urto, in particolare rilevando la posizione della persona immediatamente prima di cominciare il dispiegamento dell'air-bag e riducendo la forza di dispiegamento qualora la persona corra il rischio di essere danneggiata.

Di solito questi sistemi basano il loro funzionamento sull'integrazione di informazioni derivate a partire da diversi sensori quali sensori di peso, sensori di rollover, sensori associati alle fibbie delle cinture, sensori di urto laterale e di intensità dell'urto, ecc. Le caratteristiche dell'urto e la posizione degli occupanti determinano quali air-bag sono destinati ad essere attivati. Esistono anche sistemi più complessi che controllano anche l'azione del sistema di ritegno (in termini di energia e di tempo) in funzione delle informazioni raccolte dai sensori.

Per quanto riguarda specificatamente la rilevazione della posizione degli occupanti e

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.



l'abitacolo del veicolo nella letteratura brevettuale sono documentate soluzioni diverse.

Ad esempio, da US-A-5 330 226 è noto un sistema che comprende un sensore dello spostamento per segnalare la distanza fra la posizione dell'air-bag e la persona. A tal fine, è previsto di montare un sensore all'infrarosso nella parte alta dell'abitacolo, al di sopra della persona.

Da US-A-5 528 698 è noto un sistema con un sensore di immagine e un processore; il sensore è un sensore a matrice di fotorilevatori con una lente di focalizzazione ed il processore è in grado di elaborare l'immagine così ottenuta per acquisire una visione dell'area occupata dal passeggero nell'abitacolo.

Da US-A-5 612 876 è noto un sistema per rilevare la presenza di un occupante nell'abitacolo, in particolare per inibire l'esplosione dell'air-bag quando non c'è l'occupante: il relativo sensore presenta una regione frontale ed una regione posteriore, valutabili separatamente.

Ancora, da WO-A-94/22693 è noto un sensore di posizione che usa tecnologie ad ultrasuoni, microonde o ottiche così da assicurare un lungo tempo di sensing prima che il passeggero urti l'air-bag.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.

Infine, la soluzione descritta in EP-A-0 781 689 prevede l'impiego di un sensore di urto destinato a fornire un primo segnale, un sistema di ritegno comprendente un sensore ottico dell'immagine destinato a generare un secondo segnale ed un controllore che fornisce un terzo segnale ad un sistema di attivazione.

La presente invenzione si prefigge lo scopo di fornire un sensore visivo suscettibile di essere vantaggiosamente integrato in sistemi di air-bag di nuova generazione così da migliorarne ulteriormente le prestazioni.

Secondo la presente invenzione, tale scopo viene raggiunto grazie ad un sensore avente le caratteristiche richiamate in modo specifico nelle rivendicazioni che seguono.

In termini essenziali, nella forma di attuazione al momento preferita, l'invenzione riguarda un micro-sensore visivo, realizzato in tecnologia CMOS, in cui il chip ottico è costituito da una matrice di fotosensori con ingressi su righe e colonne guidati da un controllo logico interno.

Ciò consente di realizzare un unico sensore ottico, capace di acquisire ed elaborare in tempo reale le immagini in modo da memorizzare la figura nell'abitacolo prima e dopo l'urto.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUIX  
s.r.l.

Nella forma di attuazione dell'invenzione al momento preferita, ciascuna operazione di elaborazione delle immagini viene eseguita, fissati certi parametri, lasciando evolvere il sistema dinamico che caratterizza l'unita' di elaborazione dallo stato iniziale allo stato finale stabile e immagazzinando l'immagine risultante in una memoria locale.

Quando l'immagine è stata completamente acquisita, essa viene immagazzinata internamente come valore di tensione (pixel per pixel). Il segnale che gestisce e controlla l'abilitazione dell'air-bag è legato alle differenze di immagine accumulate in istanti temporali contigui, oltre che alla verifica delle condizioni degli occupanti all'interno del veicolo.

In particolare, la soluzione secondo l'invenzione consente di realizzare la funzione di sensore e di elaborazione dei relativi segnali nell'ambito di un unico chip.

La soluzione secondo l'invenzione fa ricorso, per l'elaborazione dei segnali, ad una rete neurale cellulare (CNN) come sistema di calcolo distribuito e parallelo, evitando quindi la digitalizzazione e la conseguente elaborazione sequenziale dell'immagine. Cio' permette, a parità di altri



BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLO D'OUX  
s.r.l.

fattori, un notevole incremento della velocità di elaborazione rispetto ai sensori che richiedono la digitalizzazione del segnale di immagine.

Il sensore secondo l'invenzione può essere utilizzato in via primaria in associazione ad airbag con azione frontale.

La possibilità di pervenire alla stima della velocità di impatto dell'occupante, ovvero alla sua accelerazione frontale durante l'urto, consente inoltre di azionare l'airbag in modo controllato.

Un ulteriore importante vantaggio della soluzione secondo l'invenzione è dato dal fatto che la stessa consente, dopo l'urto, di risalire a quanto accaduto, fungendo all'atto pratico da registratore a "scatola nera" del veicolo.

L'invenzione verrà ora descritta a puro titolo di esempio non limitativo con riferimento ai disegni annessi, nei quali:

- la figura 1 illustra in termini generali una tipica disposizione di impiego di un sensore secondo l'invenzione,

- le figure 2 a 4 illustrano, a diversi livelli di approfondimento, caratteristiche circuitali e strutturali del sensore secondo l'invenzione,

- le figure 5 e 6 illustrano in maggior dettaglio le modalità di impiego di una rete neurale

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OULX  
s.r.l.

cellulare nell'ambito di un sensore secondo l'invenzione, e

- le figure 7 e 8 sono due diagrammi di flusso che illustrano in dettaglio le modalità di funzionamento di un sistema comprendente un sensore secondo l'invenzione.

In sostanza, la soluzione secondo l'invenzione riguarda un sensore visivo 1 suscettibile di essere associato ad un sistema 2 destinato a controllare il possibile dispiegamento di un air-bag (o di un complesso di air-bag) 3 associato ad un sedile suscettibile di essere occupato da una delle persone P che si trovano nell'abitacolo di un autoveicolo (non illustrato nel suo complesso).

In particolare, il sensore 1 secondo l'invenzione comprende una schiera di elementi fotosensibili (ad esempio fotodiodi o fototransistori costituenti una schiera o array) destinata ad essere montata nell'abitacolo in una configurazione (ottica di focalizzazione, ecc.) che consente di produrre, nell'ambito della suddetta schiera o array, segnali elettrici corrispondenti ad un'immagine della parte dell'abitacolo in cui si può trovare la persona (guidatore o passeggero) indicata con P nella figura 1.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUIX  
s.r.l.

I criteri generali che consentono di configurare il sensore 1 come sensore ottico suscettibile di produrre la suddetta immagine sono da ritenersi di per sé noti nella tecnica e quindi tali da non richiedere una descrizione particolareggiata in questa sede. Questo anche perché tali criteri non costituiscono - di per sé - elementi essenziali per la comprensione dell'invenzione.

Ciò vale nella sostanza anche per quanto riguarda i criteri di comando dell'air-bag 3 da parte del sistema di controllo 2, almeno nella misura in cui non verranno fornite ulteriori spiegazioni di dettaglio nel seguito della presente descrizione.

Il sensore 1 viene realizzato di preferenza con tecnologia CMOS così da comprendere un chip ottico costituito da una matrice di foto-sensori con ingressi su righe e colonne guidati da un controllo logico interno.

Il sensore 1 comprende una parte "analogica" contenente  $n \times m$  celle, ciascuna con un proprio sensore ottico relativo ad un rispettivo pixel.

Sebbene sia possibile far riferimento a diversi schemi, la forma di attuazione della singola cella al momento preferita corrisponde sostanzialmente a quella rappresentata nella figura 2. Qui il

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUIX  
s.r.l.

riferimento 10 indica il foto-sensore o convertitore fotoelettrico - sia esso un fotodiiodo o un fototransistore o un componente equivalente - destinato a caricare un condensatore (o, in generale, una capacità) 11. Tutto questo facendo sì che la quantità di carica immagazzinata sul condensatore 11 corrisponde all'integrale della fotocorrente generata dal sensore 10 per il tempo di esposizione determinato agendo su uno switch 12 comandato dal circuito di comando del sensore (non esplicitamente illustrato nelle figure 2 e 3, ma di tipo di per sé ampiamente noto).

Nella figura 2 il riferimento numerico 13 indica collettivamente due ulteriori switch, anch'essi comandati dal suddetto sistema di controllo, che consentono di rilevare il livello di carica del condensatore 11 per realizzare le funzioni di elaborazione meglio descritte nel seguito.

In particolare, supponendo le immagini statiche durante l'acquisizione, la carica accumulata sul condensatore 11 risulta proporzionale alla irradianza sulla superficie del sensore ottico, data dal doppio integrale rispetto al tempo ed alla lunghezza d'onda della luce incidente. Il tutto tenendo conto nell'integrale della curva di risposta spettrale del fotodiiodo.



BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

In particolare, lo schema della figura 3 illustra in maggior dettaglio la possibile implementazione pratica dello schema della figura 2 con tecnologia CMOS (p-bulk) utilizzando il transistor bipolare verticale compreso fra il bulk P, la diffusione del pozzo n e la diffusione p+.

Lo schema della figura 3 (che si riferisce alla possibile implementazione del circuito in tecnologia CMOS da 0,35 micron) permette di notare che la giunzione base - collettore del transistor, essendo ottenuta fra il bulk p e il pozzo n, è polarizzata in senso inverso.

Di conseguenza la diffusione del pozzo n, larga a sufficienza, è l'area attiva del sensore dove la luce incidente può generare le coppie elettrone/lacuna che stanno alla base della conduzione inversa della giunzione. Lo switch 12 consente di controllare il flusso di corrente a partire dalla giunzione emettitore base verso il condensatore 11. Fissando il tempo di conduzione (on-time) dello switch 12, la tensione raccolta sul condensatore 11 è proporzionale alla quantità di luce incidente sulla superficie del sensore.

Il valore della capacità 11 è legato in via principale alle correnti di perdita ed al tempo necessario per l'acquisizione dell'immagine. In

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.



effetti, il condensatore 11 viene caricato durante l'acquisizione dell'immagine e scaricato durante l'operazione di lettura, per cui il tempo di funzionamento immagazzinamento/lettura è proporzionale al valore della capacità.

Dall'altra parte, piccoli valori di capacità significano piccoli valori di corrente, che sono più influenzati dalle correnti di perdita.

La figura 4 fa vedere con maggior chiarezza che l'isola di pozzo n destinata ad implementare l'area attiva del sensore ottico (con riferimento al pixel di immagine genericamente identificato con  $Q_{ij}$  - ragionando secondo un tipico ordinamento matriciale per righe e colonne) può essere realizzata del tutto separata dall'altra isola (indicata genericamente con  $C_{ij}$ , proprio per mettere in luce la diretta corrispondenza con il rispettivo pixel) che contiene gli altri dispositivi ossia lo switch 12 ed i circuiti logici presenti a livello locale.

Per immediato riferimento quantitativo, nella forma di attuazione dell'invenzione al momento preferita, la capacità 11 ha un valore di 0,36 pF con base di pozzo n allargata ed area attiva  $p^+$  di 5 x 5 micron. Con riferimento ai suddetti valori, assumendo correnti di perdita di valore corrente, è possibile conservare valori di tensione per tempi

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUIX  
s.r.l.

sufficientemente lunghi, garantendo la carica con ridotti tempi di esposizione e caricando il condensatore 11 in tutto il suo range dinamico (tipicamente compreso fra 0 volt e circa 3,3 volt) in appena 1, 2 microsecondi.

Ricorrendo al circuito sopra indicato è possibile realizzare la rilevazione dell'immagine direttamente sul chip con un funzionamento attuato in parallelo per tutti i pixel.

In particolare, ricorrendo - secondo le modalità meglio descritte nel seguito - ad un'architettura basata su reti neurali cellulari (CNN), è possibile ottenere velocità di acquisizione ed elaborazione on-chip estremamente elevate: fino a 10.000 ~ 50.000 frame/secondo con una capacità computazionale equivalente dell'ordine di 1, 2 Tera-operazioni/secondo, di gran lunga superiori alle normali frequenze di elaborazione delle immagini, dell'ordine di 30 frame per secondo.

Al fine di conseguire una capacità di elaborazione in tempo reale sul chip, ciascun pixel è collegato localmente ad un'unità o cella elaborativa che è in grado di implementare il seguente insieme di equazioni

$$\tau dx_{ij}/dt = -g(x_{ij}) + \sum A(l,m) \cdot x_{lm} + \sum B(l,m) \cdot u_{lm} + I_{bias},$$

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLO D'OULX  
s.r.l.

dove le sommatorie si estendono a tutti i valori (l,m) appartenenti all'intorno  $N(C_{ij})$  e

$$g(x_{ij}) = \begin{matrix} x_{low} & \text{se } x_{ij} < x_{low} \\ x_{high} & \text{se } x_{ij} > x_{high} \\ 0 & \text{altrimenti} \end{matrix}$$

e  $x_{ij}$  ed  $u_{ij}$  sono rispettivamente la tensione di ingresso e le tensioni di stato della cella  $C_{ij}$  (vedere la figura 4),

$N(C_{ij})$  è l'intorno di raggio 1 della cella  $C_{ij}$ , e

A, B e  $I_{bias}$  sono parametri di controllo i cui valori influenzano il comportamento del sistema nell'elaborazione dell'immagine acquisita.

In maggior dettaglio, A e B sono matrici 3 x 3, mentre  $I_{bias}$  è un singolo valore di tensione di offset.

La formula sopra richiamata può essere ricondotta al paradigma generale delle reti neurali cellulari (CNN) descritto in US-A-5 140 670, a cui si può far utilmente riferimento per la descrizione di ulteriori dettagli relativi all'elaborazione dell'immagine.

La figura 5 illustra, sotto forma di uno schema a blocchi, la possibile implementazione di un dispositivo di controllo suscettibile di essere associato e di fatto integrato con il complesso di sensori ottici descritto in precedenza così da dare origine un unico dispositivo rappresentato appunto dal dispositivo 1 della figura 1.

In particolare, nello schema di architettura della figura 5, il riferimento 21 indica la schiera (tipicamente matriciale) di celle analogiche comprendenti i sensori ottici  $Q_{ij}$  interconnesse



BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

localmente alle celle adiacenti attraverso una serie di parametri di peso e di bias programmabili ossia i fattori A, B e  $I_{bias}$  visti in precedenza, costituenti i parametri di configurazione della rete neurale.

Il riferimento 22 indica invece una memoria analogica interna per immagazzinare temporaneamente i valori intermedi delle celle, durante l'elaborazione, ovvero una o più immagini acquisite dal sensore ottico.

Il riferimento 23 indica un complesso di registri digitali per immagazzinare i parametri di programmazione e di configurazione destinati ad essere trasmessi verso la schiera 21 previa conversione in formato analogico attuata attraverso un convertitore digitale/analogico 24.

Il riferimento 25 indica invece una memoria digitale di programma (configurata ad esempio come memoria flash, EPROM o SRAM con interfaccia di memoria esterna) mentre il riferimento 26 indica invece una logica di controllo che pilota tutti gli elementi dell'architettura, con l'ulteriore possibilità di agire da decodificatore durante l'operazione di lettura dei risultati di elaborazione generati nella schiera 21 di celle analogiche.

Infine il riferimento 27 indica il complesso dei circuiti di ingresso/uscita (tanto di tipo analogico quanto digitale) destinati a realizzare l'interfacciamento verso l'esterno e la programmazione del chip.

Le modalità di interazione fra i blocchi 21 a 27 (peraltro evidenti per la persona esperta del settore) sono indicate dalle frecce - unidirezionali

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

o bidirezionali - rappresentate nella stessa figura 5.

In sostanza, ogni passo di elaborazione viene realizzato fissando valori noti dei parametri sopra richiamati e lasciando evolvere il sistema in modo dinamico da uno stato iniziale alla condizione finale stabile immagazzinando quindi nella memoria locale l'immagine risultante.

Come noto (si veda ad esempio la CNN Software Library - Templates and Algorithms - version 7.3, ANL - Budapest, Agosto 1999) sono attuabili, in relazione alle cosiddette macchine universali CNN, modalità di funzionamento tanto su singole immagini quanto su doppie immagini.

Una volta che l'immagine è stata completamente acquisita (con un tempo di acquisizione che dipende dalla risoluzione del chip e dalla relativa tecnologia), essa viene immagazzinata internamente come insieme di valori analogici di tensione (pixel per pixel), destinati ad essere poi elaborati direttamente sul chip con l'architettura proposta.

Tutti i passi di elaborazione richiesti possono essere implementati con questa architettura, così da dare origine ad una soluzione su singolo chip in vista dell'impiego come microsensore visivo.

Per quanto riguarda, ad esempio, i passi di elaborazione dell'immagine di tipo dinamico, lo schema della figura 7 fa vedere uno schema di filtraggio di tipo ADI (Accumulative Difference Images) realizzato combinando singoli passi di elaborazione dell'immagine e calcoli di differenze pixel per pixel.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

In particolare, lo schema della figura 6 fa vedere come, partendo dai dati relativi a singoli frame (frame 1, frame 2, ...), rappresentati complessivamente come 30, si può passare tramite un'operazione di pre-filtraggio a rispettivi insiemi di dati filtrati (indicati complessivamente come 31) che continuano a riferirsi ai singoli frame.

Tutto questo per poi passare, tramite un'operazione di differenza attuata fra frame successivi, a dati di differenza (rappresentati in 32). A partire da questi ultimi, tramite un meccanismo di accumulazione su insiemi che, nell'esempio qui illustrato, comprendono tre gruppi di dati di differenza consecutivi, è possibile pervenire ai risultati dell'azione di filtraggio ADI.

Naturalmente il filtraggio di tipo ADI costituisce solo un esempio delle varie possibili funzioni di elaborazione suscettibili di essere attuate in un sensore secondo l'invenzione in base alle modalità descritte in precedenza.

Ad esempio, facendo riferimento al complesso di equazioni citate in precedenza come esplicative del possibile funzionamento di una rete neurale cellulare, vengono nel seguito riportate alcune diverse modalità di scelta dei parametri  $A$ ,  $B$  e  $I_{bias}$  relative a diverse funzioni di elaborazione.

#### a) Calcolo ADI

Con questa operazione vengono trattate, ad esempio, due immagini (frame) successive per eliminare tramite filtraggio la parte statica dell'immagine. In base a questo schema, le immagini "differenza" vengono accumulate due o più volte al

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

fine di ottenere un'immagine in grigio che rappresenta le parti in movimento nei frame più recenti della sequenza originaria.

*Differenza logica (matrice di ingresso = frame t-1, stato iniziale = frame t).*

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad I_{bias} = -1$$

*Differenza + filtraggio rumore (matrice di ingresso = frame t-1, stato iniziale = frame t).*

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0.25 & 0.25 & 0.25 \\ 0.25 & 2 & 0.25 \\ 0.25 & 0.25 & 0.25 \end{bmatrix} \quad I_{bias} = -4.75$$

#### b) Sogliatura

Viene utilizzata per ottenere immagini binarie a partire da una scala dei grigi. Il valore di soglia viene fissato tramite il valore di corrente di  $I_{bias}$ , in funzione dei valori di luminanza da trattare, consentendo così la possibilità di realizzare un'operazione di sogliatura variabile in funzione della luminosità media della scena, ovvero di sogliatura adattativa.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

$$\begin{matrix} 0 & 0 & 0 \end{matrix} \quad -1 < I_{bias} < 1$$

c) Riduzione del rumore 1 (Smoothing)

Viene utilizzata allo scopo di filtrare alcuni effetti di rumore durante l'acquisizione dell'immagine. L'immagine di uscita è binaria (pixel neri o bianchi).

Va notato che nel funzionamento in condizioni di luce normale, la funzione di smoothing è in grado di operare direttamente su immagini di scala dei grigi senza richiedere preventivamente una sogliaatura.

$$\begin{matrix} A = & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ B = & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad I_{bias} = 0$$

d) Rilevazione dei contorni

Questa operazione identifica il contorno di una singola immagine così da consentire la rilevazione di diversi oggetti nella scena osservata (ad esempio, nel caso di specifico interesse, l'occupante dell'abitacolo del veicolo, la cintura di sicurezza, ecc.).

$$\begin{matrix} A = & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ B = & \begin{bmatrix} 0 & -0.5 & 0 \\ -0.5 & 2 & -0.5 \\ 0 & -0.5 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad I_{bias} = -0.8$$

Questo tipo di segmentazione è attuabile anche tramite altri operatori, ad esempio tramite calcolo del gradiente e filtraggio spaziale.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.



e) Riduzione del rumore 2 (rimozione di piccoli oggetti)

Come risultato di imprecisioni nelle operazioni di acquisizione dell'immagine, dopo il calcolo ADI, possono rimanere pixel isolati e piccoli oggetti. Lo scopo di questa operazione è quello di eliminare tramite filtraggio questo tipo di rumore, che può essere riconosciuto come pixel isolati o piccoli gruppi di pixel.

$$\begin{array}{rcl} A = & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ B = & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} & I_{bias} = 0 \end{array}$$

Le varie funzioni di elaborazione descritte in precedenza possono essere fra loro integrate così da dare origine ad algoritmi suscettibili di essere svolti sotto il controllo della memoria di programma 25 (si osservi lo schema della figura 5), trasferendo verso la schiera 21 i corrispondenti insiemi di parametri A, B e  $I_{bias}$  prelevati dai registri 23 e convertiti in forma analogica attraverso il convertitore 24.

Lo schema della figura 7 illustra, sotto forma di un diagramma di flusso, un possibile algoritmo suscettibile di essere implementato dal circuito della figura 5.

Al riguardo si apprezzerà ancora una volta che la soluzione secondo l'invenzione consente di integrare in un singolo componente tanto la funzione di acquisizione dell'immagine, quanto la funzione di elaborazione della stessa, quest'ultima funzione

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

essendo attuata secondo modalità (ricorso ad una rete neurale cellulare o CNN) tali da dare origine a tempi di elaborazione che - a parità di altri parametri - risultano marcatamente inferiori rispetto a quelli conseguibili in quelle soluzioni in cui i segnali corrispondenti alle immagini acquisite in forma di segnali analogici devono essere convertiti in forma digitale per procedere ad una elaborazione (realizzata oltretutto essenzialmente secondo criteri seriali).

Tutto questo con la possibilità, per quanto riguarda la soluzione secondo l'invenzione, di sfruttare a pieno le potenzialità di implementazione a livello CMOS delle reti neurali cellulari.

Al riguardo si può utilmente consultare il lavoro di T. Roska e A. Rodriguez-Vazquez, "Review of CMOS Implementations of the CNN Universal Machine-Type Visual Microprocessors" in Proc. of Iscas 2000 - Ginevra, 2000.

In particolare, nello schema della figura 7 che prende spunto da un passo di partenza 100, il riferimento 102 indica il passo in cui si realizza (secondo criteri noti) l'acquisizione dell'i-esimo frame che viene memorizzato nella memoria analogica interna 22 nel passo indicato con 104.

In un successivo passo o complesso di passi indicato collettivamente con 106, l'immagine appena acquisita e/o l'insieme di immagini precedentemente acquisite vengono sottoposte ad un'operazione di

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.

pre-filtraggio ad esempio in base agli algoritmi di sogliatura e di riduzione del rumore (smoothing) descritti in precedenza.

In funzione delle specifiche esigenze applicative, a partire dal passo 106, è possibile evolvere verso un passo 108 in cui si realizza (secondo le modalità descritte in precedenza) il calcolo ADI. Il passo 108 viene svolto normalmente in modo interattivo con l'aggiornamento dei valori di ADI memorizzati nelle memorie 22 (passo 110).

Successivamente, il sistema evolve verso il passo 112 (che, almeno in alcune applicazioni può seguire direttamente il passo di partenza 100) per poi convergere verso un insieme di funzioni di decisione collettivamente indicato con 114 e destinato ad essere illustrato in maggior dettaglio nel seguito.

Il passo 112 prevede di solito lo svolgimento di un'operazione di estrazione dei contorni ed un'operazione di riduzione del rumore destinata alla rimozione dei piccoli oggetti secondo le modalità descritte in precedenza.

Il riferimento 116 illustra un complesso di altre operazioni suscettibili di essere svolte, in modo di per sé noto, al fine di attuare una funzione di estrazione delle caratteristiche sull'immagine



BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLO D'OUX  
s.r.l.

statica (estrazione dei contorni, rilevazione delle linee diagonali, riempimento dei contorni, applicazione di operatori logici vari, etc.). Il tutto procedendo a partire dall'immagine pre-filtrata ottenuta dal passo 106 in vista dell'utilizzazione dei relativi risultati nell'ambito della funzione di decisione indicata con 114.

Questo fatto è meglio evidenziato nello schema della figura 8 che illustra - a puro titolo di esempio non limitativo - la possibile modalità di elaborazione dei dati risultanti dallo svolgimento delle sequenze elaborative che si completano con i passi indicati con 112 e 116 nello schema della figura 7.

In sostanza, la funzione di decisione rappresentata nello schema 8 consente, in funzione del risultato finale inviato verso il blocco 2 della figura 1 di determinare le modalità di attivazione dell'air-bag 3, in particolare per decidere se, quando e con quali modalità l'air-bag 3 stesso debba essere attivato.

Dovendo svolgere essenzialmente una funzione di "triggering", ossia di attivazione controllata, il modo più semplice di operare consiste nel valutare il valore di intensità media di tutti i pixel

BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OUX  
s.r.l.

dell'immagine ottenuta al termine della segmentazione dinamica, dopo aver verificato le condizioni di abilitazione previste attraverso i processi di elaborazione su immagini statiche. A tal fine conviene tener presente la possibilità, ammessa dalle reti neurali cellulari, di effettuare anche operazioni logiche (attraverso opportuni insiemi di parametri) fra due immagini ovvero due passi intermedi nell'elaborazione di un'immagine. Ciò si ottiene imponendo una delle due immagini come mappa di ingresso (u) e l'altra come mappa dello stato iniziale ( $x_0$ ) della rete.

In particolare lo schema della figura 8 fa riferimento - si ripete, a puro titolo di esempio non limitativo - a una sequenza decisionale articolata in tre sezioni destinate ad essere attuate di preferenza in modo concorrente.

La prima sezione, comprendente i passi indicati in sequenza con i riferimenti 118a' e 118e, corrisponde essenzialmente ad una decisione sulla presenza o meno di una persona sul sedile a cui è associato l'air-bag 3 controllato.

La prima operazione corrisponde ad una funzione di mascheramento al fine di isolare la zona in prossimità del poggiatesta (passo 118a).

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OLIX  
s.r.l.

Si procede quindi attraverso l'elaborazione differenziale delle sequenze video con o senza persona presente (o con passeggero di altezza opportuna). Tale elaborazione è rappresentato dai passi 118b (sogliatura e mascheratura), 118c (estrazione e chiusura dei contorni), 118d (riempimento dei contorni) e 118e (somma dei valori dei pixel e sogliatura).

Il risultato finale è disponibile un segnale che, tramite ponderazione attuata con i risultati delle sequenze concorrenti descritte nel seguito (ad esempio tramite un operatore logico AND, rappresentato dal blocco 124) consente di inviare verso l'unità di controllo 2 un segnale indicativo del fatto se l'air-bag debba essere attivato oppure no.

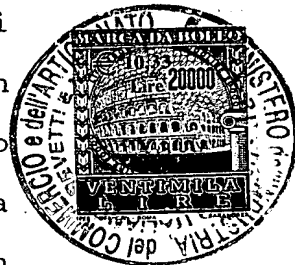
La sequenza operativa rappresentata dai blocchi 120a a 120e comprende sostanzialmente operazioni analoghe a quelle descritte in precedenza con riferimento alla sequenza rappresentata dai blocchi 118a a 118e e mira a valutare l'utilizzo delle cinture di sicurezza. Una possibile differenza è data dal fatto che mentre il passo 118c prevede essenzialmente il riconoscimento e la chiusura dei contorni in vista del successivo riempimento di tali contorni nel passo 118d, il passo 120c prevede il

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OLIX  
s.r.l.

riconoscimento dei contorni connessi diagonalmente in vista della successiva chiusura e riempimento di tali contorni nel passo 120d. Tutto questo al fine di classificare meglio l'oggetto cintura di sicurezza.

La sequenza operativa rappresentata dai blocchi 122a a 122e risulta diversa da quelle descritta in precedenza proprio per il suo contenuto essenzialmente dinamico. Lo scopo della sequenza 122a-122e è infatti proprio quello di fornire un dato di decisione basato sulla velocità con cui, ad esempio, il guidatore tende ad urtare contro il blocco volante a seguito di un eventuale urto frontale, ovvero - in generale - sulla velocità di spostamento di un qualsivoglia oggetto nell'abitacolo per effetto di urti frontali, laterali o compositi.

Come già si è detto, il passo 124 rappresenta in generale una funzione di ponderazione (qui rappresentata sotto forma di un semplice operatore AND, ma in realtà suscettibile di corrispondere a criteri logici più sofisticati, anche di natura fuzzy) diretta a produrre il segnale di - possibile - selettiva attivazione verso il modulo 2 della figura 1 in funzione dei risultati ottenuti dalle



BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

varie sequenze di elaborazione 118a-118e; 120a-120e e 122a-122e.

Il livello di soglia fissato per il valore di intensità media dei pixel può essere variato in funzione della sensibilità e velocità di risposta desiderata dal sistema air-bag, oltre che all'accelerazione (negativa) dell'automobile in caso di urto. Il valore di intensità media dei pixel che supera tale livello di soglia, indicativo della velocità di impatto stimata, può essere utilizzato per controllare l'attivazione del sistema di esplosione dell'airbag.

Anche il livello di soglia utilizzato per convertire l'immagine a colori in un'immagine bianco/nero può essere ottimizzato dinamicamente in funzione della luminosità media dei pixel dell'immagine originale, realizzando quindi un'azione di sogliatura di tipo adattativo.

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, i particolari di realizzazione e le forme di attuazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto descritto ed illustrato, senza per questo uscire dall'ambito della presente invenzione.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.



## RIVENDICAZIONI

1. Sensore ottico intelligente per l'impiego in sistemi di air-bag associati ad abitacoli di veicoli, detto sensore comprendendo una schiera di elementi fotosensibili (Qij) per l'acquisizione di immagini dell'abitacolo ed un circuito (20) per l'elaborazione dei segnali corrispondenti a dette immagini generati da detti elementi fotosensibili (Qij), caratterizzato dal fatto che detto circuito di elaborazione (20) è configurato secondo un'architettura di trattamento di detti segnali di immagine a rete neurale cellulare (CNN), detto circuito di elaborazione (20) essendo suscettibile di generare, in funzione di detti segnali di immagine, un segnale di uscita (124) indicativo delle modalità di attivazione di un air-bag (3) a cui il sensore è associato.

2. Sensore secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta schiera di elementi fotosensibili (Qij) e detto circuito di elaborazione (20) sono compresi in un unico componente integrato.

3. Sensore secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che detta rete neurale cellulare comprende una pluralità di

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OLIX  
s.r.l.

celle ( $C_{ij}$ ) ciascuna associata ad un rispettivo elemento fotosensibile ( $Q_{ij}$ ) di detta schiera.

4. Sensore secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che dette celle ( $C_{ij}$ ) ed il rispettivo elemento fotosensibile ( $Q_{ij}$ ) sono implementati in isole separate di un pozzo di un circuito in tecnologia CMOS.

5. Sensore secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che detti elementi fotosensibili comprendono, come area fotosensibile, un'area di giunzione fra un bulk ed un pozzo di tecnologia CMOS.

6. Sensore secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che detto circuito di elaborazione (20) comprende:

- almeno una memoria analogica (22) per la memorizzazione dei segnali di immagine generati da detti elementi fotosensibili ( $Q_{ij}$ ) di detta schiera (21), e

- una logica di controllo (26) per l'esecuzione di sequenze di elaborazione di immagine in tempo reale da parte di detta rete neurale cellulare.

7. Sensore secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detto circuito di elaborazione (20) comprende mezzi (23) per la

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

memorizzazione dei parametri di configurazione (A, B,  $I_{bias}$ ) di detta rete neurale cellulare.

8. Sensore secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che detti parametri di configurazione (A, B,  $I_{bias}$ ) sono memorizzati in forma digitale (23) e detto circuito di elaborazione (20) comprende un convertitore digitale/analogico (24) per convertire detti parametri (A, B,  $I_{bias}$ ) in forma analogica in vista dell'alimentazione a detta rete neurale cellulare.

9. Sensore secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che detto circuito di elaborazione (20) è configurato per realizzare su detti segnali di immagine almeno una delle operazioni scelte nel gruppo costituito da:

- sogliatura (118b, 120b, 122b),
- riduzione del rumore tramite smoothing,
- calcolo della differenza cumulativa fra immagini o ADI (122c),
- riconoscimento dei contorni (118c, 120c),
- riduzione del rumore tramite rimozione di piccoli oggetti (122d),
- chiusura dei contorni (118c, 120d),
- riempimento dei contorni chiusi (118d, 120d),



BUZZI, NOTARO &  
ANTONELLI D'OLIX  
s.r.l.

- riconoscimento dei contorni connessi diagonalmente (120c),

- rilevamento della velocità di spostamento di un oggetto in dette immagini (112a).

10. Sensore secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che detto circuito di elaborazione (20) è configurato per realizzare un'operazione di combinazione (124) di risultati di elaborazione (118e, 120e, 122e) ottenuti in relazione ad almeno due immagini distinte dell'abitacolo.

11. Sensore secondo la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto che detta operazione di combinazione è un prodotto logico (AND - 124).

12. Sensore secondo la rivendicazione 10 o la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che il risultato di detta operazione di combinazione identifica detto segnale di uscita come indicativo della decisione di attivare un air-bag associato

13. Sensore secondo la rivendicazione 10 o la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che il risultato di detta operazione di combinazione identifica detto segnale di uscita come indicativo dell'azione di controllo del meccanismo di attivazione dell'airbag associato.

BUZZI, NOTARO &  
ANTONIELLI D'OUX  
s.r.l.

14. Sensore secondo una qualsiasi delle rivendicazione 10 a 13, caratterizzato dal fatto che dette almeno due immagini distinte comprendono un'immagine sostanzialmente statica (116) ed una pluralità di immagini dinamiche (112) dell'abitacolo.

15. Sensore secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che comprende mezzi di memoria (22) per la memorizzazione di detti immagini di abitacolo in funzione di scatola nera.

Ing. Lucio BOSOTTI  
N. iscriz. ALBO 260  
(in proprio e per gli altri)

CC.I.A.A.  
Torino

Fig. 1

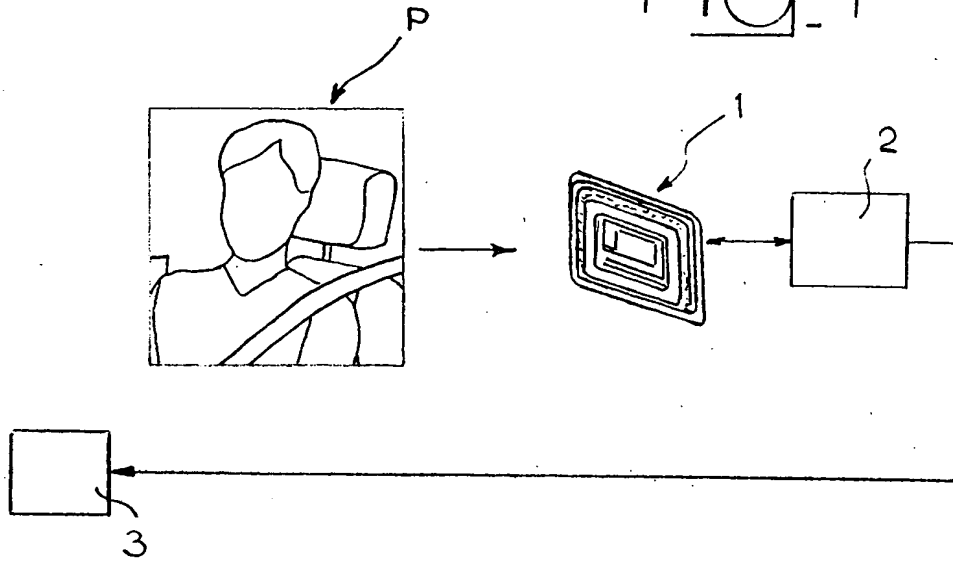


Fig. 2

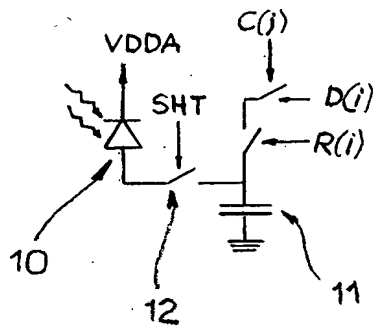


Fig. 3

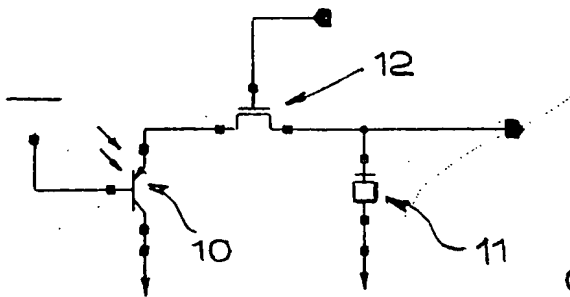
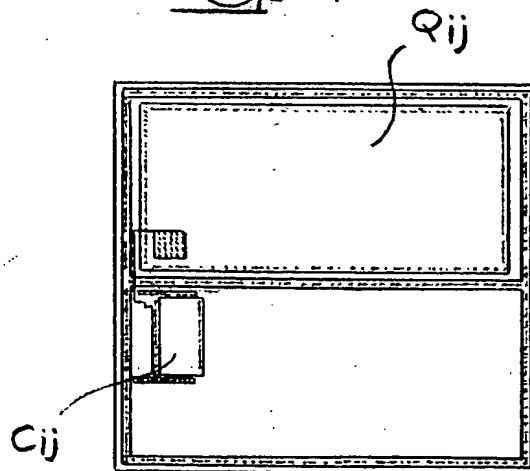


Fig. 4



SCIAA  
Tosino

Fig. 5

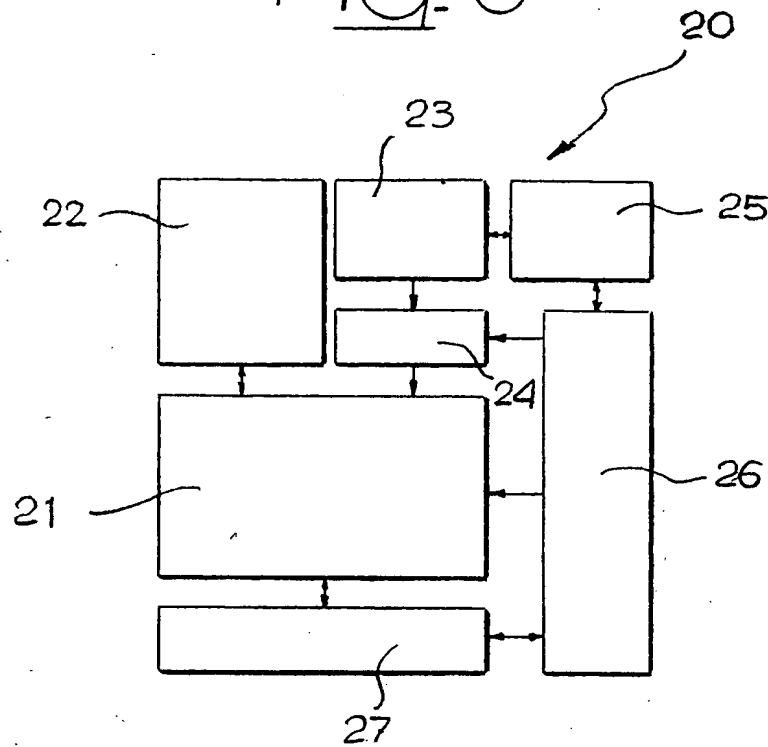
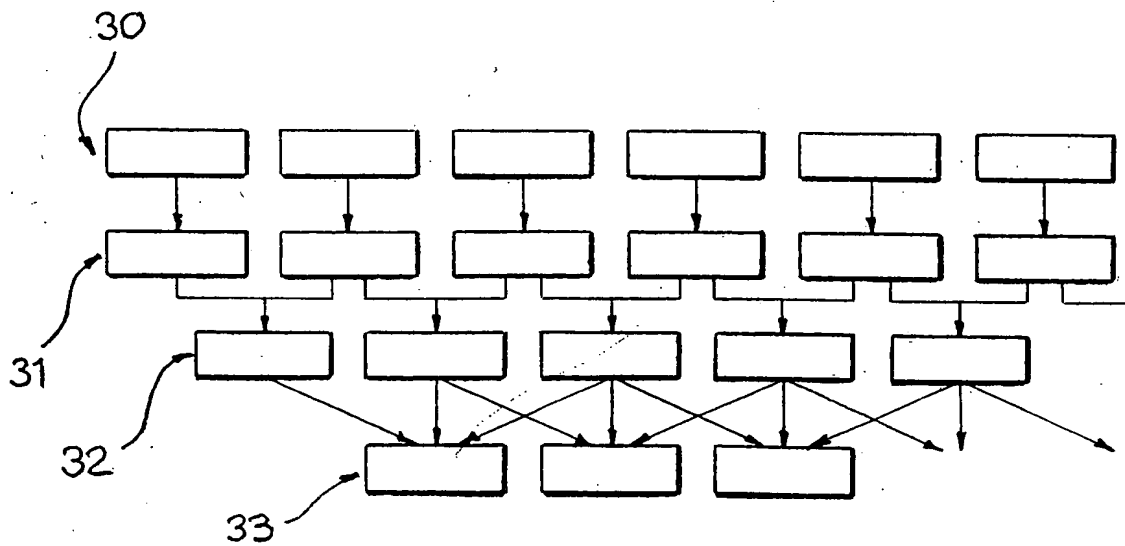
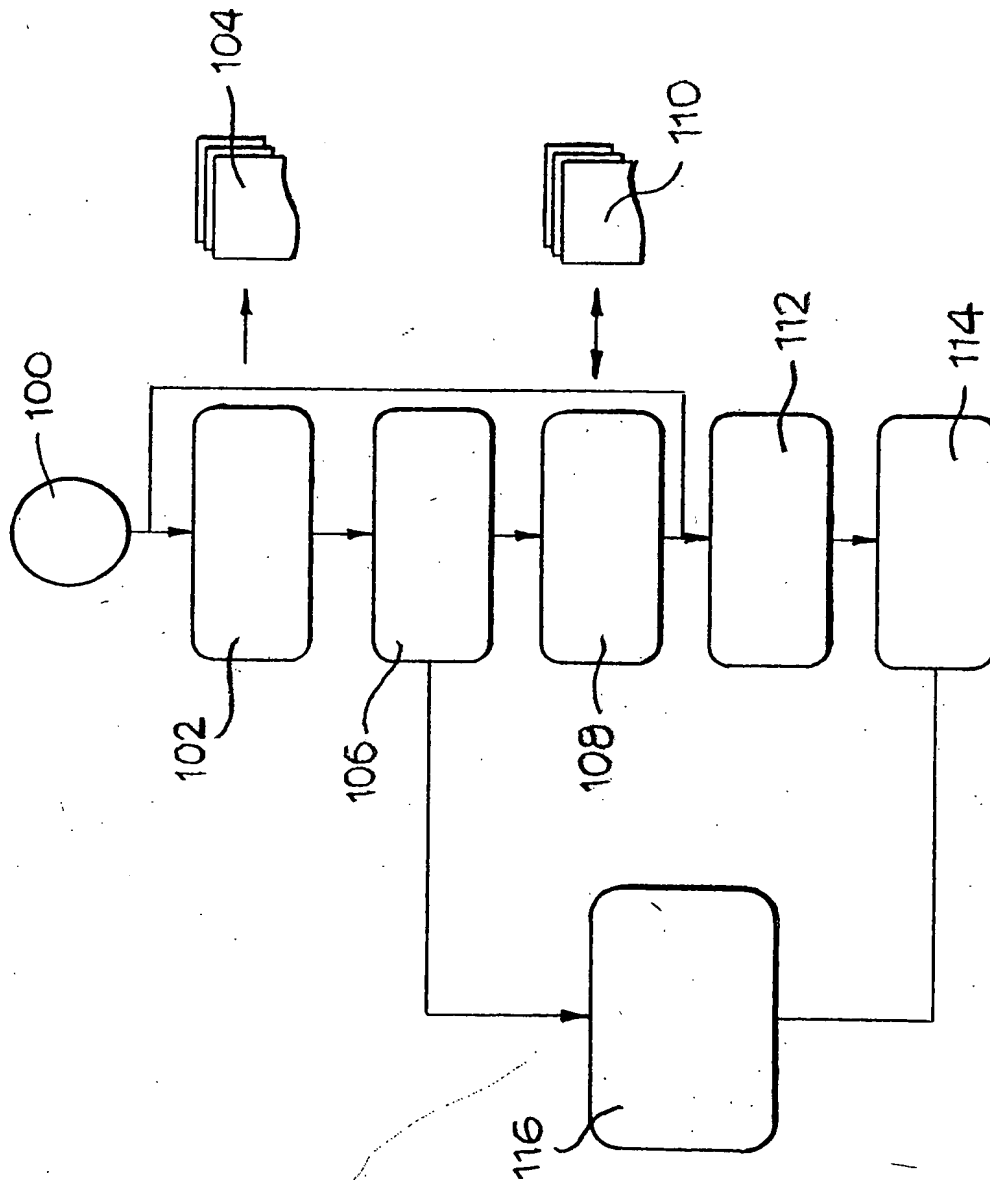


Fig. 6



C.C.I.A.A.  
Torino

Fig. 7



*[Handwritten signature]*  
 Ing. Luciano BOSOTTI





*[Signature]*  
C.C.I.A.A.  
Aorino

Ing. Luciano BOSOTTI  
N. Verde ALBO 260  
In amore e per gli altri

Fig. 8

